



Grondanalyse voor een optimale bemesting zonder emissie

Deel I. Achtergronden

C. de Kreij

Inhoudsopgave

pagina

1	INLEIDING	5
2	VERDUNNING BODEMWATER	6
2.1	Bepaling van de verdunning uit de volume verhoudingen	6
2.2	Bepaling van de verdunning uit watergetal van veldvochtige grond en '1:2 slurry'	9
2.3	Schatten van de verdunning uit het humusgehalte	9
3	ELEMENTGEHALTEN EN EC IN HET 1:2 VOLUME EXTRACT OMREKENEN NAAR ELEMENTGEHALTEN EN EC IN BODEMWATER	11
3.1	Met verdunning	11
3.2	Met empirische relatie met humusgehalte	11
3.3	Met empirische relatie waarin onderwaterdichtheid	12
4	WEERGEVEN VAN EEN 'HOEVEELHEID'	14
4.1	Methode A: uit volume vochtgehalte en volume vaste delen	14
4.2	Methode B: uit volume vochtgehalte, onderwaterdichtheid en massa watergehalte	18
4.3	Methode C: uit droge bulkdichtheid, onderwaterdichtheid en massa watergehalte	19
4.4	Methode D: uit droge bulkdichtheid en watergetal van de slurry in 1:2 extract	20
4.5	Methode E: schatting uit het humusgehalte	21
5	WAARDERING VAN DE ELEMENTGEHALTEN	23
6	DISCUSSIE EN AANBEVELING	24
6.1	Verdunning bodemwater en EC en elementgehalten in bodemwater	24
6.2	Schatten van een hoeveelheid	24
7	SAMENVATTING	26
8	LITERATUUR	27

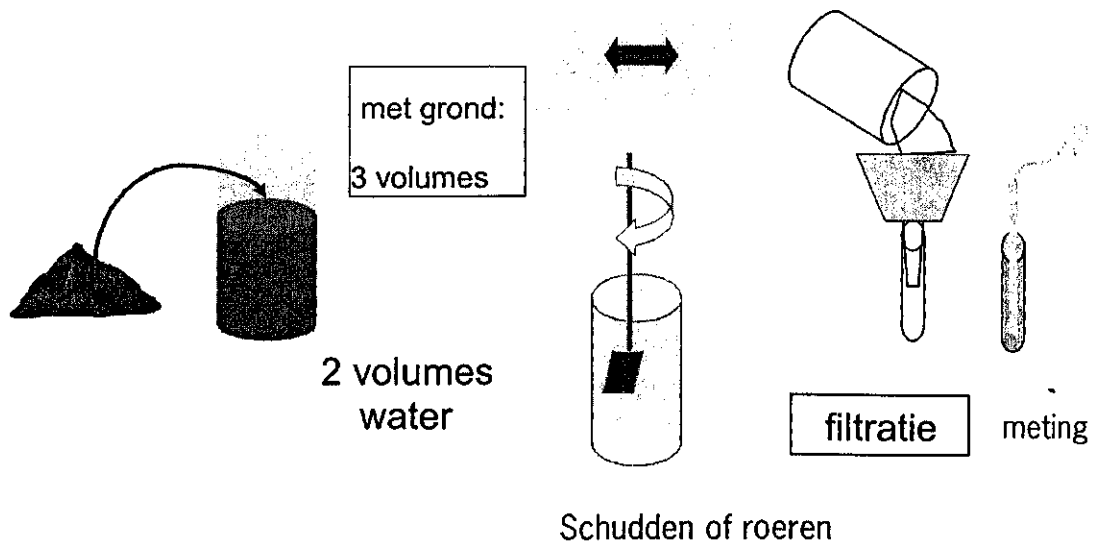
Voorwoord

Bij de discussie over de opzet van de proeven en de hier aangegeven achtergronden hebben de volgende personen een rol gespeeld: Bert Smit van Plant Research International, Wim Voogt, Alex van den Bos en Jop Kipp van PPO-Glastuinbouw. André Huys verzorgde de proeven en deed de metingen.

De achtergronden en de resultaten zijn besproken met de tuinbouwkundige laboratoria. Hun aandacht en wil tot verbetering, worden zeer gewaardeerd.

1 Inleiding

Voor de bepaling van voorraad- en bijbemestingsadviezen in de kasteelt wordt voor de bepaling van EC, Na, Cl, alle hoofd- en spoorelementen gebruik gemaakt van een extractie waarbij twee delen water worden aangevuld met veldvochtige grond tot drie delen (Figuur 1; Van den Bos et al., 1999 ; Sonneveld et al, 1971). Ook voor voorraad- en bijmestsystemen in de buitenteelt (groenteteelt, akkerbouw en grasland) wordt stikstof-mineraal ($N_{\min} = NO_3 + NH_4$), en voor een sneltest magnesium, kalium, borium en zwavel gebruik gemaakt van deze methode (Wijnen, 1986; Vellinga, 1993; Van Dijk, 2003 en Blgg). Overigens wordt in de open teelt niet water, maar 0,01 M $CaCl_2$ als oplosmiddel gebruikt. Ook in Zwitserland, Duitsland, Hongarije en Japan wordt de methode gebruikt (Gysi et al., 1997 en 1999). In Florida wordt een methode gebruikt, die vergelijkbaar is. Er wordt uitgegaan van 3 volumina 0,01 M $CaCl_2$ en daaraan wordt veldvochtige grond toegevoegd tot 4 volumina (Hartz, et al., 2000). De methode wordt gebruikt om in het veld het nitraatgehalte te schatten.



Figuur 1. Maken van grondextract (twee volumina demiwater aanvullen met verse grond tot drie volumina), schudden (of roeren), filtreren en meten in extract.

Aangezien gronden kunnen verschillen in vochtgehalten, kan dit betekenen, dat de éne grond tijdens de extractie veel meer bodemvocht bevat dan de andere grond. Ook kan één en dezelfde grond soms droger zijn dan een volgend of eerder monster. Dit speelt vooral bij droge gronden, bijvoorbeeld lichte gronden, met druppelbevloeiing (De Graaf et al., 1987). Dat zou betekenen, dat er in het antwoord een verschil ontstaat tussen de monsters, wat niets te maken heeft met verschillen in voedingstoestand in de grond. Dit leidt tot ongewenste onnauwkeurige adviezen, en dus ook soms te hoge adviezen, die weer kunnen leiden tot ongewenste uitspoeling van meststoffen (Guiking, 1997).

Planten reageren op de concentratie in het bodemwater. Het is dus van belang om de concentratie in het bodemwater te kennen. Het doel is het vaststellen van de concentraties in het bodemwater.

Verder is er vanuit het elementgehalte in het extract een omrekening naar een hoeveelheid element per oppervlakte-eenheid en per diepte-eenheid. Bij deze omrekening wordt nu uitgegaan van een vaste verhouding tussen volume extract per volume grond in het veld/kas. Afhankelijk van de grondsoort kan dit volume variëren. Dit kan aanleiding geven tot foute schattingen van de hoeveelheid.

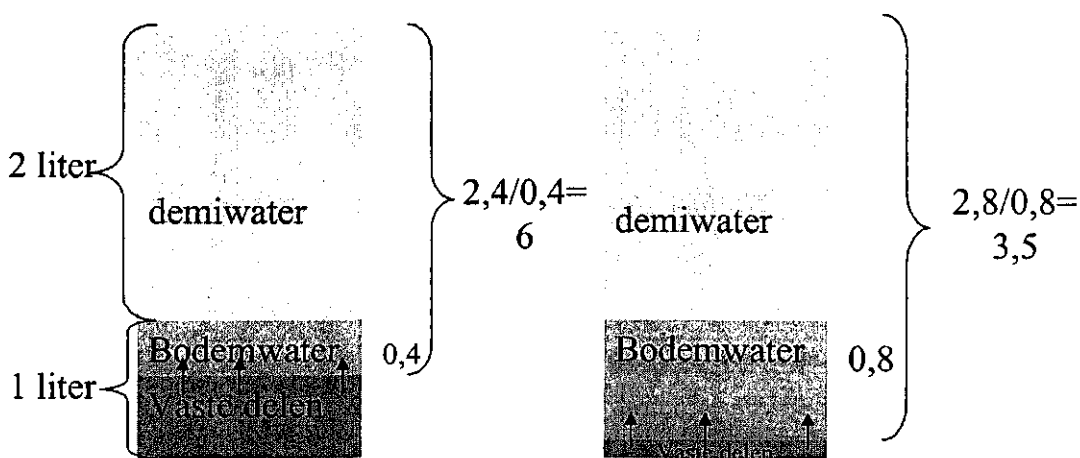
Het doel van het onderzoek is te komen tot een aangepast bemestingsadvies, waarin de verdunning en de omrekening naar hoeveelheden per grondsoort wordt uitgevoerd.

In deel I worden de achtergronden en in deel II worden de proeven weergegeven, die zijn gedaan met chryasant, waarin de verschillende aspecten zijn uitgetest.

2 Verdunning bodemwater

2.1 Bepaling van de verdunning uit de volume verhoudingen

In figuur 2 worden voorbeelden gegeven van de verdunning. Hierin wordt uitgegaan van 2 liter demiwater, die met veldvochtige grond wordt aangevuld tot 3 liter. In de twee voorbeelden verschilt de verdunning. Als in het bodemwater een concentratie van C aanwezig is, zal in de linker grond de concentratie in het extract gelijk worden aan C/6 en in het rechter voorbeeld zal het C/3,5 worden. Overigens is dat alleen het geval, wanneer er geen stoffen meer uit de vaste delen tijdens het schudden/roeren in oplossing gaan. Oplossen van calcium/magnesium fosfaten en vooral calciumsulfaat is in het algemeen aan de orde. Dat is per grondsoort en samenstelling verschillend. Zodoende is een verdunning van het bodemwater op basis van de volumeverhouding. Als er geen stoffen uit de vaste delen oplossen is dit hetzelfde als de concentratieverhoudingen van de elementen, gemeten in het bodemwater ten opzichte van het 1:2 volume extract. Als er stoffen uit de vaste delen oplossen, zijn de concentratieverhoudingen tussen bodemwater en 1:2 extract niet hetzelfde als de verdunning.



Weinig bodemwater----> sterkere verdunning

Figuur 2. Verdunning van bodemwater in het 1:2 volume extract. In het linker voorbeeld is de verdunning 6 l/l en in het rechter voorbeeld is dit 3,5 l/l. Tijdens het schudden kunnen neergeslagen/gadsorbeerde stoffen in oplossing gaan (aangegeven met pijltjes van vaste delen naar bodemwater).

Om de verdunning van het bodemwater per monster precies te kunnen berekenen zijn een aantal begrippen nodig.

D = Verdunning bodemwater = volume extract/volume bodemwater (dilution), l/l

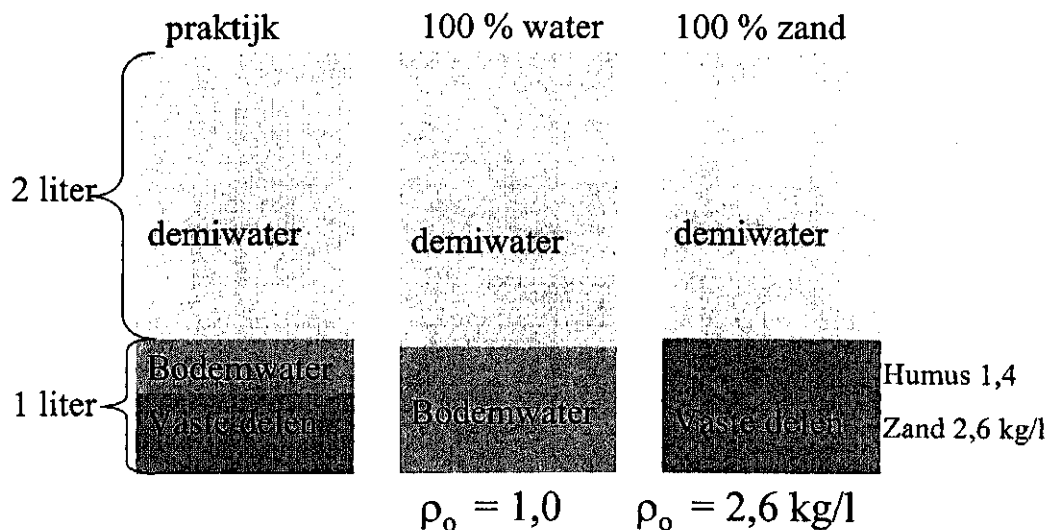
ρ_o = Onderwaterdichtheid = massa van de grond onder water/ volume van waterverplaatsing, kg/l

w = watergetal = gewicht water/gewicht droge grond

ϕ_w = massa watergehalte= gewicht water/gewicht totaal

De onderwaterdichtheid wordt ook wel Y-cijfer, inzetverhouding of factor **q** genoemd (Voogt et al. 1999). De onderwaterdichtheid kan variëren tussen 1,0 en 2,6 kg/l (Figuur 3). De onderwaterdichtheid van kwarts is 2,6; van humus 1,4 en van water 1,0 kg/l. Een grond met een groot volume deel kwarts zal een hoge onderwaterdichtheid hebben en een grond met een groot volume deel (bodem)water zal een lage onderwaterdichtheid hebben.

De verdunning werd ook wel omrekeningsfactor genoemd (De Graaf et al., 1987), eerder ontwikkeld door De Bes. De omrekeningsfactor varieerde tussen circa 3 en 21, wat met name sterk werd beïnvloed door lage vochtgehalten van grond, die bemonsterd werd op een grotere afstand van een druppelpunt (De Graaf et al., 1987).



Figuur 3. Het begrip onderwaterdichtheid, die in de praktijk varieert tussen 1,0 en 2,6 kg/l en in het uiterste geval (bij een bodem met 100 % water) gelijk is aan 1,0 kg/l en bij een bodem met 100 % kwarts gelijk is aan 2,6 kg/l.

Een andere, vroeger gebruikte term voor het watergetal is het A-cijfer, waarbij het A-cijfer overkomt met de massa water per 100 gram droge grond. Het A-cijfer is dus 100 keer groter dan het watergetal. Watergetal en massa watergehalte kunnen in elkaar worden omgerekend, waarbij geldt:

$$\phi_w = w/(1+w)$$

De verdunning van het bodemwater kan als volgt worden weergegeven:

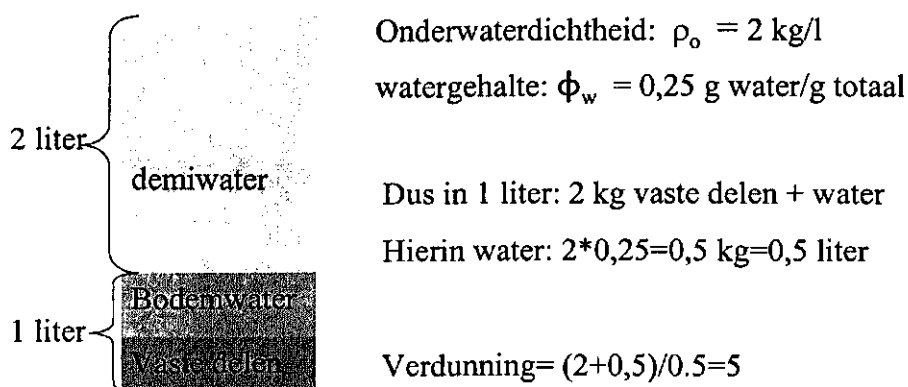
$$D = (2 + \rho_o \cdot \phi_w) / (\rho_o \cdot \phi_w)$$

D = verdunning (dilution), l/l

ρ_o = onderwaterdichtheid, kg/l

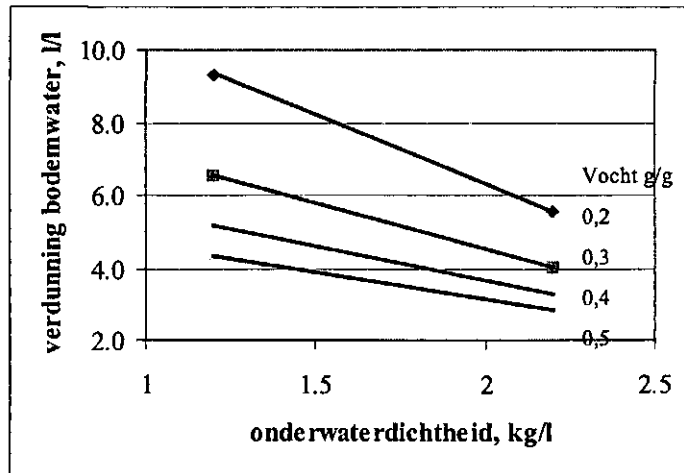
ϕ_w = massa watergehalte, g water/g water+vast

In figuur 4 wordt een voorbeeld gegeven van de berekening van de verdunning.



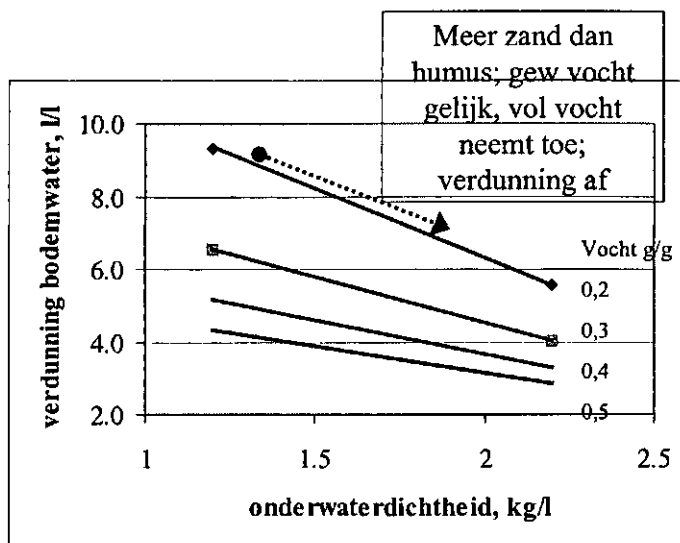
Figuur 4. Berekening van de verdunning – voorbeeld.

De verdunning kan met de onderwaterdichtheid en het massa watergehalte worden berekend: de mathematische relatie wordt weergegeven in Figuur 5.



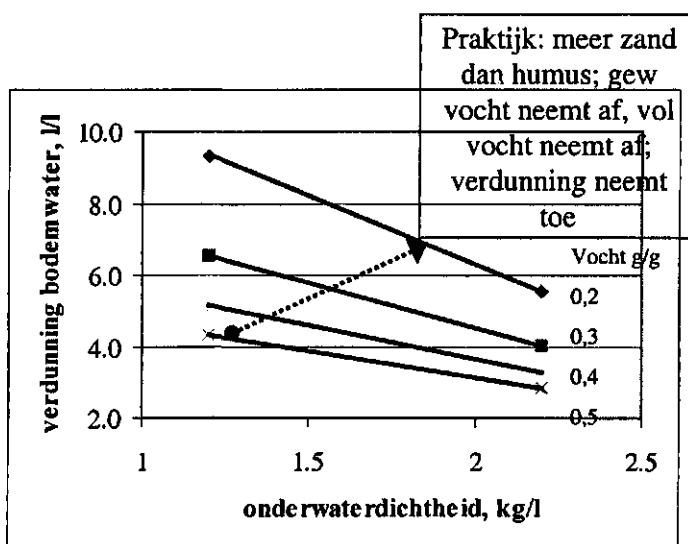
Figuur 5. Verdunning bepaald uit onderwaterdichtheid en massa watergehalte.

Als, bij gelijkblijvend massa watergehalte, de onderwaterdichtheid toeneemt, zal de verdunning afnemen (Figuur 6). Een toename van de onderwaterdichtheid kan optreden, wanneer het volume aandeel kwarts toeneemt ten opzichte van het volume aandeel humus.



Figuur 6. Invloed van verandering van onderwaterdichtheid op de verdunning van het bodemwater, in het theoretische geval, dat het massa vochtgehalte gelijk blijft, bij een verlaging van de onderwaterdichtheid (theoretisch).

In de praktijk zal echter bij verandering van de onderwaterdichtheid ook het massa watergehalte veranderen en ontstaat een effect, zoals aangegeven in Figuur 7.



Figuur 7. In praktijkmonsters optredende verandering bij verschillende grondsoorten: de onderwaterdichtheid neemt toe, het massa watergehalte neemt af en de resultante is een verlaging van de verdunning.

Aangezien bij praktijkmonsters (verschillende grondsoorten) de twee grootheden 'onderwaterdichtheid' en 'massa watergehalte' afhankelijke grootheden zijn, zal bij een verandering van de onderwaterdichtheid meestal een schatting gemaakt kunnen worden van de verdunning. Dit is dan een empirische relatie.

2.2 Bepaling van de verdunning uit watergetal van veldvochtige grond en '1:2 slurry'

Er wordt bepaald: watergetal van veldvochtige grond en van de slurry in het 1:2 extract. De verhouding tussen die twee geeft de verdunning.

2.3 Schatten van de verdunning uit het humusgehalte

Aangezien het humusgehalte van de grond sterk bepalend is voor de onderwaterdichtheid en massa vochtgehalte, kan met het humusgehalte een goede schatting worden gemaakt van de verdunning (Sonneveld et al, 1990; Voogt et al, 1999). De op deze manier bepaalde verdunning wordt verdunningsfactor, d , genoemd. De empirische vergelijking tussen humusgehalte en verdunning is afkomstig van een 75-tal grondmonsters. Hierin zijn het watergetal in veldvochtige grond en in de 1:2 slurry bepaald en is de correlatie tussen deze grootheden en het humusgehalte bepaald.

Daaruit kon de verdunning worden geschat voor 'onbekende' gronden met een onbekend 'humusgehalte'.

De relatie was:

$$\text{watergetal 1:2 slurry} = 8.25 \cdot H + 0.988$$

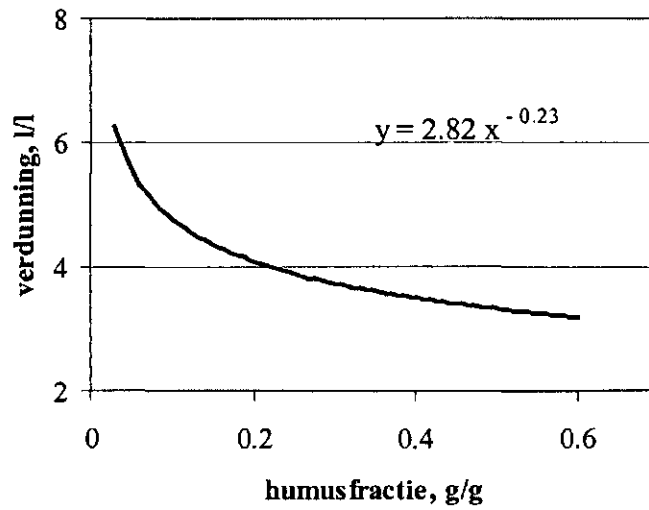
$$\text{watergetal veldvochtige grond} = 2.821 \cdot H + 0.1$$

Hieruit kan de volgende relatie worden afgeleid:

$$d = (\text{watergetal 1:2 slurry}) / (\text{watergetal veldvochtige grond}) = 2.82 \cdot H^{-0.23}$$

d = verdunning berekend uit humusfractie, l/l

H = humusfractie, g/g



Figuur 8 Empirische relatie tussen humusfractie en verduunning.

Bij afnemende humusgehalten nam de verduunning toe. Vooral bij humusgehalten tussen 3 en 10 % was er een sterke toename van de verduunning.

3 Elementgehalten en EC in het 1:2 volume extract omrekenen naar elementgehalten en EC in bodemwater

Elementgehalten en EC in het bodemwater kunnen op drie manieren worden geschat. Dit kan met de verdunning, de gehalten in het 1:2 extract te vermenigvuldigen met de volume verdunning van het bodemwater. De twee andere methoden komen voort uit een empirische relatie van de elementgehalten gemeten in een 1:2 extract en bij dezelfde monsters gemeten, de elementgehalten in een persextract. Het persextract wordt dan gezien als de gehalten in het bodemwater.

3.1 Met verdunning

Met de analyse van het 1:2 extract wordt getracht het gehalte in het bodemwater te schatten of in ieder geval daarvan een goede afgeleide te hebben. De verdunning van het bodemwater is precies te berekenen uit de volume verhoudingen van bodemwater en extract. Hieruit is echter nog niet éénduidig de verdunning van de elementgehalten tussen bodemwater en gehalten in het 1:2 extract te berekenen. Tijdens het schudden/roeren van het grondmonster lossen er zouten en geabsorbeerde elementen op en daardoor zal de concentratie in het extract hoger worden, dan op basis van de volumeverhoudingen mocht worden verwacht. Dit is wel afhankelijk van het feit of er zouten en/of geabsorbeerde stoffen oplossen. Uit de praktijk is bekend, dat het met name gaat om het oplossen van gips. De volumeverhoudingen hebben uiteraard een zeer grote invloed op de gehalten van het extract als afgeleide van het gehalte in het bodemwater. De verdunning kan worden bepaald/berekend zoals aangegeven in hoofdstuk 2.1, maar kan ook worden geschat uit de onderwaterdichtheid of het humusgehalte van de grond.

3.2 Met empirische relatie met humusgehalte

De verdunning kon ook worden benaderd uit het organische stofgehalte. De op die manier ontstane verdunning is de verdunningsfactor d . Er geldt de volgende relatie

$$EC: y = 0.908 \cdot d \cdot x - 0.089 \cdot d \cdot SO_4(1:2) + 0.68$$

Waarin:

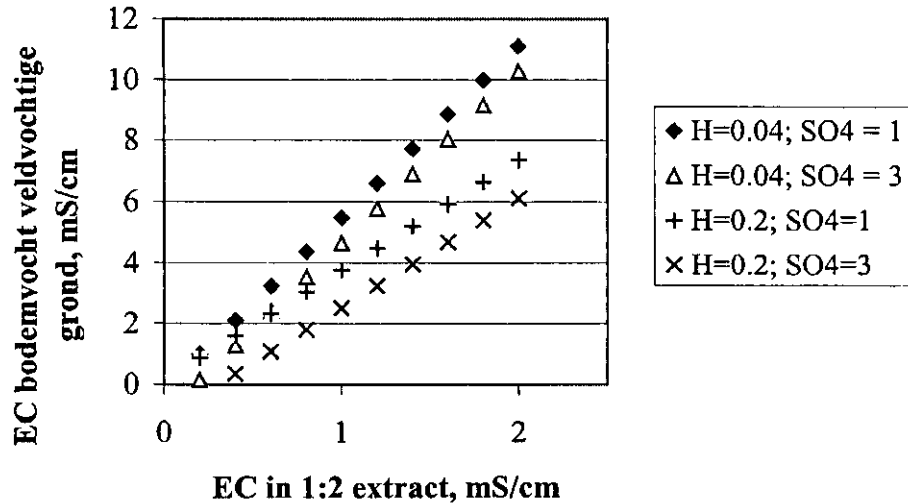
y = EC in bodemwater van veldvochtige grond, in mS/cm

x = EC in 1:2 extract, in mS/cm

$SO_4(1:2)$ = SO_4 - gehalte in 1:2 extract, mmol/l

d = verdunning bodemwater, berekend uit humusgehalte (zie par. 2.3)

Overige formules worden gegeven door Sonneveld et al. (1990). In Figuur 9 wordt een voorbeeld gegeven van de afhankelijkheid van de EC in het 1:2 extract en in bodemwater bij een aantal condities.



Figuur 9. EC in bodemvocht van veldvochtige grond afhankelijk van EC in 1:2 extract bij humusgehalte (H) 0.04 en 0.20 g/g en bij een SO_4 gehalte in het 1:2 extract van 1 en 3 mmol/l.

3.3 Met empirische relatie waarin onderwaterdichtheid

De relaties worden gegeven door Sonneveld (1990);

$$EC: y = 2.744 \cdot \rho_o \cdot x - 0.284 \cdot \rho_o \cdot SO_4(1:2) - 0.17$$

$$NH_4: y = 1.56 \cdot \rho_o \cdot x + 0.07$$

$$K: y = 1.8 \cdot \rho_o \cdot x - 0.83$$

$$Na: y = 2.28 \cdot \rho_o \cdot x - 1.56$$

$$Ca: y = 45.7 (1 - \text{EXP}(-0.072 \cdot \rho_o \cdot x))$$

$$Mg: y = 2.396 \cdot \rho_o \cdot x - 0.188 \cdot \rho_o \cdot SO_4(1:2) + 1.73$$

$$NO_3: y = 2.84 \cdot \rho_o \cdot x - 0.8$$

$$Cl: y = 3.32 \cdot \rho_o \cdot x - 1.86$$

$$SO_4: y = 27.04 (1 - \text{EXP}(-0.128 \cdot \rho_o \cdot x))$$

$$P: y = 0.8 \cdot \rho_o \cdot x - 0.05$$

Waarbij:

y = gehalte in bodemwater van veldvochtige grond, in mS/cm of mmol/l

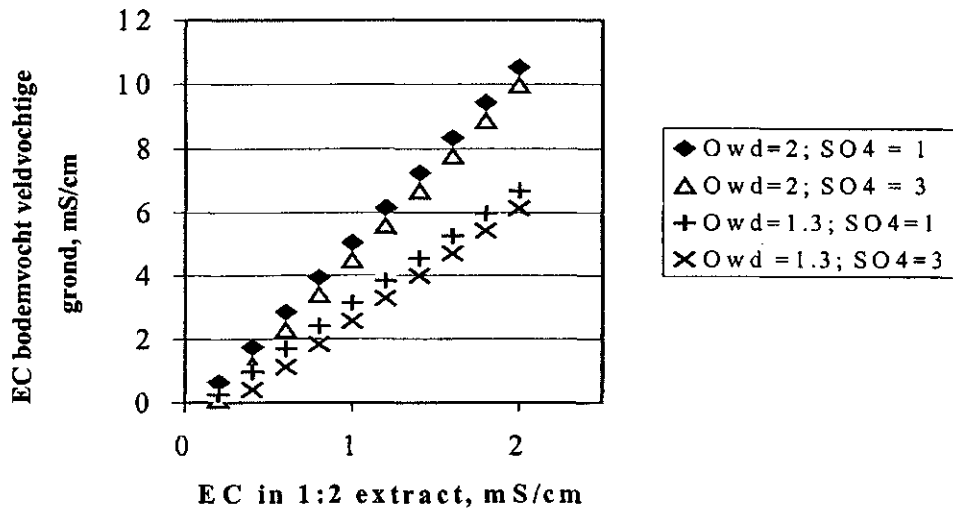
x = gehalte in 1:2 extract, in mS/cm of mmol/l

$SO_4(1:2)$ = SO_4 - gehalte in 1:2 extract

ρ_o = onderwaterdichtheid, in kg/l

EXP = exponentieel met grondtal e = 2.718

In figuur 10 wordt de EC gegeven in het bodemwater van veldvochtige grond bij verschillende EC's in het 1:2 extract en twee onderwaterdichtheden en twee SO_4 -gehalten.



Figuur 10. EC in bodemvocht van veldvochtige grond in relatie tot de EC in het 1:2 extract bij een onderwaterdichtheid (Owd) van 2 en 1,3 kg/l en bij een SO_4 -gehalte in het 1:2 extract van 1 en 3 mmol/l.

4 Weergeven van een 'hoeveelheid'

Niet alleen de concentratie van een element in het bodemwater is van belang voor een goed bemestingsadvies, maar ook de hoeveelheid. Dit laatste is vooral het geval bij stikstof. Met de hoeveelheid nitraat+ammonium kan dan worden aangegeven, hoeveel er voor dat gewas (bij een bepaalde diepte in het veld of kas) beschikbaar is. Het is echter altijd een momentopname.

De hoeveelheid, die aanwezig is, in veld of kas, kan alleen worden geschat als er bekend is hoeveel volume extract er ontstaat uit één volume deel kas/veld grond.

Uit het volgende voorbeeld is dat duidelijk. In het voorbeeld wordt gegeven:

N-concentratie in extract is: $N = 0,5 \text{ mmol/l}$ - monsterdiepte 30 cm

De concentratie in het extract is dus: $0,5 \cdot 14 = 7 \text{ g N per m}^3 \text{ extract}$

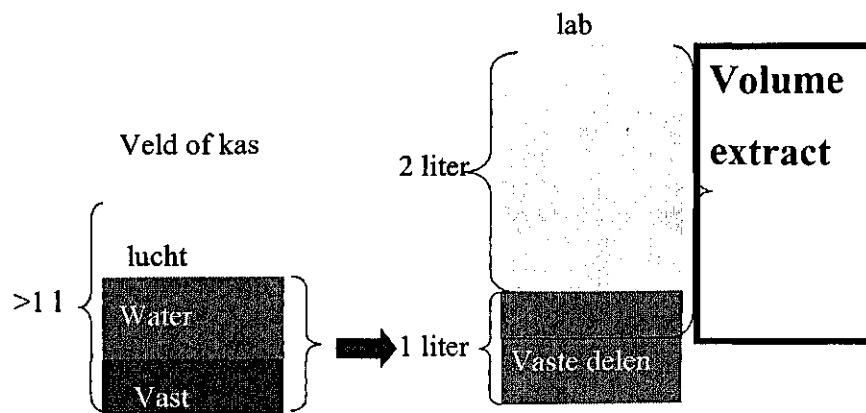
Er wordt de volgende aanname gedaan: $1 \text{ m}^3 \text{ grond geeft } 1,6 \text{ m}^3 \text{ extract}$

In 1 m^3 'zit' dus $1,6 \text{ m}^3 \text{ extract}$ en hierin zit $1,6 \cdot 7 = 11,2 \text{ g N per m}^3 \text{ grond}$

In een bouwvoor van 3000 m^3 per ha is aanwezig: $33,6 \text{ kg N per ha per } 30 \text{ cm}$

Bij een op het laboratorium aangegeven detectielimiet van het N-gehalte van $0,05 \text{ mmol/l}$, is dus nog een N-hoeveelheid boven $3,4 \text{ kg N per ha per } 30 \text{ cm}$ betrouwbaar te bepalen.

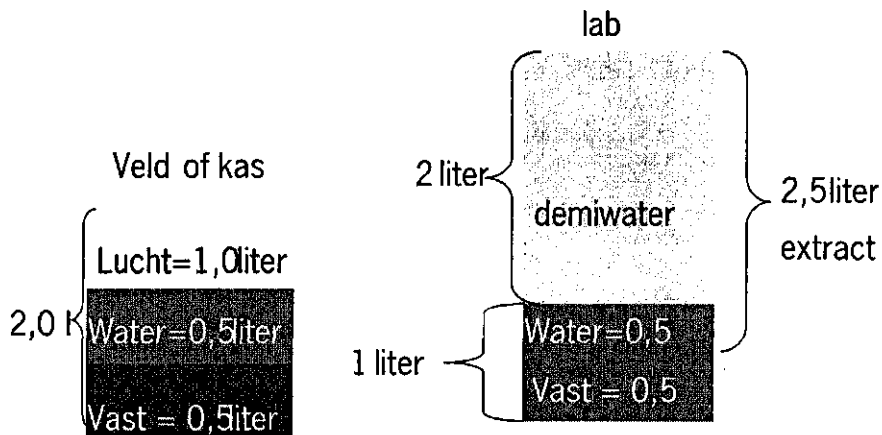
Er zal dus steeds een schatting moeten worden gemaakt van hoeveel volume extract, één volume deel grond levert. Als in het lab bijvoorbeeld 1 liter grond in bewerking wordt genomen, is dat in het veld altijd een groter volume geweest dan 1 liter (figuur 11). Om na te gaan of er nog 'handige' manieren zijn om het volume extract per volume grond te bepalen/berekenen, werden verschillende methoden vergeleken (A-E).



Figuur 11. Op het lab wordt 1 liter water+vaste delen afgepast, wat in het veld/kas een volume heeft van meer dan 1 liter.

4.1 Methode A: uit volume vochtgehalte en volume vaste delen

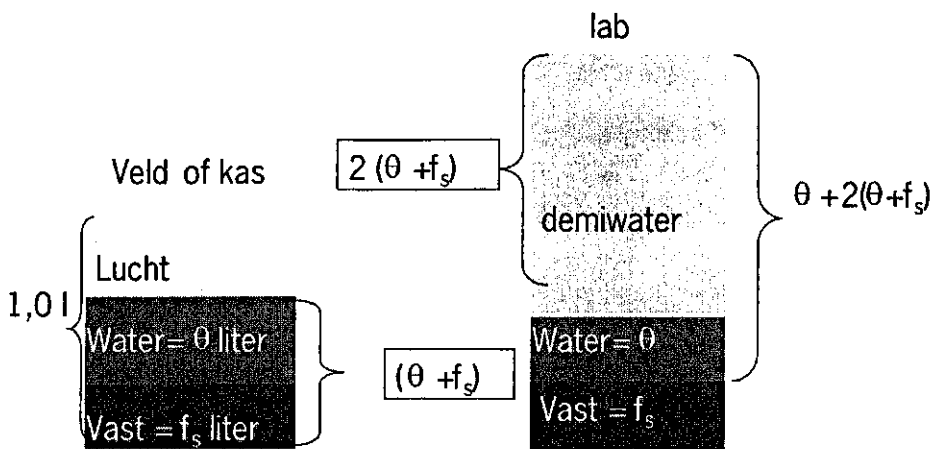
Bij methode A wordt bepaald: volume fractie water en volume fractie vaste delen in de kas/veld situatie. Deze methode wordt gevolgd door Gysi (1981) en Soorsma (1990). In een voorbeeld in figuur 12 wordt aangegeven hoe dit werkt.



belangrijks: lucht/water/vast (v/v/v)veld of kas

Figuur 12. In de veld/kassituatie werd uitgegaan van 2,0 liter grond, die dan onder water een volume heeft van 1,0 liter. De hoeveelheid extract is 2,5 liter extract per 2,0 liter grond of te wel 1,25 liter extract per liter grond.

Mathematisch is het volume extract te berekenen uit volume fractie water en vaste delen (Figuur 13)



Figuur 13. Methode A. Berekening volume extract uit volume vochtgehalte en vaste delen. In het veld/kas werd uitgegaan van 1 liter, wat onder water een volume heeft kleiner dan 1 liter.

De relatie is:

$$E = \theta + 2 \cdot (\theta + f_s),$$

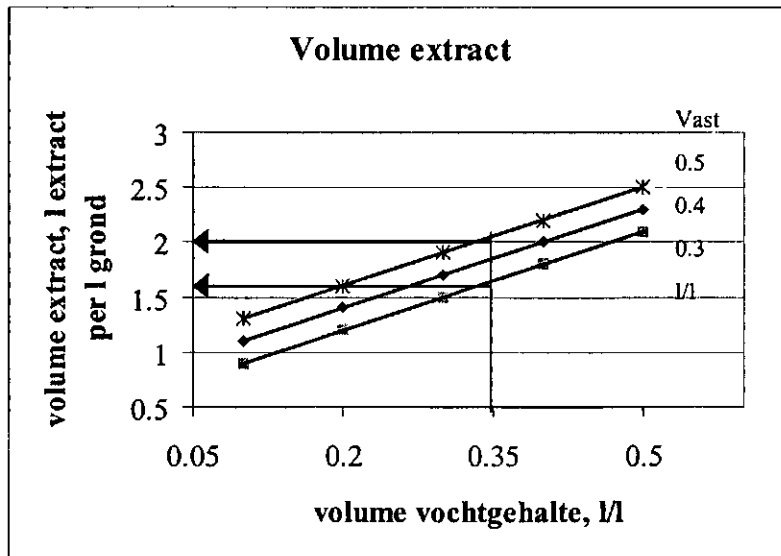
waarbij:

E = volume extract, l extract per l grond

f_s = volume fractie vaste stof (solids), l solids per l grond

θ = volume fractie water, l water per l grond

In Figuur 14 wordt de relatie weergegeven. Bij een vochtgehalte van 0,35 l/l en een fractie vaste stof van 0,3 l/l ontstaat een volume extract van 1,65 l per l grond. Bij een hogere dichtheid van bijvoorbeeld 0,5 l vaste stof per l grond ontstaat een volume extract van 2,05 l extract per l grond.



Figuur 14. Volume extract beïnvloedt door vochtgehalte en gehalte vaste delen

Er kan ook met luchtgehalte worden 'gewerkt'. Het luchtgehalte is complementair aan het volume vochtgehalte+fractie vaste delen. Uit onderstaande tabel kan worden afgelezen, welke volumina extract er ontstaan bij verschillende volume vochtgehalten en luchtgehalten. Bij een grond met een hoog vochtgehalte en een laag luchtgehalte is er een groot volume extract per volume grond. Bepaalde combinaties zijn in de praktijk echter niet te verwachten. Een grond met een lage fractie vaste delen, zal meestal een hoog volume vochtgehalte hebben. Zodoende komt het volume extract per volume grond in veel gevallen met elkaar overeen.

- Tabel 1. Volume extract per volume grond bij verschillende volume vochtgehalten en A. luchtgehalten en B. fractie vaste delen. NB sommige combinaties zullen in de praktijk niet voorkomen.

A

luchtgehalte l/l	Volume extract per volume grond, l/l						
	Volume vochtgehalten, l/l						
	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35
0.05	1.95	2	2.05	2.1	2.15	2.2	2.25
0.1	1.85	1.9	1.95	2	2.05	2.1	2.15
0.15	1.75	1.8	1.85	1.9	1.95	2	2.05
0.2	1.65	1.7	1.75	1.8	1.85	1.9	1.95
0.25	1.55	1.6	1.65	1.7	1.75	1.8	1.85
0.3	1.45	1.5	1.55	1.6	1.65	1.7	1.75
0.35	1.35	1.4	1.45	1.5	1.55	1.6	1.65

B

Fractie Vaste delen l/l	Volume extract per volume grond, l/l						
	Volume vochtgehalten, l/l						
	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35
0.30	0.75	0.90	1.05	1.20	1.35	1.50	1.65
0.35	0.85	1.00	1.15	1.30	1.45	1.60	1.75
0.40	0.95	1.10	1.25	1.40	1.55	1.70	1.85
0.45	1.05	1.20	1.35	1.50	1.65	1.80	1.95
0.50	1.15	1.30	1.45	1.60	1.75	1.90	2.05
0.55	1.25	1.40	1.55	1.70	1.85	2.00	2.15
0.60	1.35	1.50	1.65	1.80	1.95	2.10	2.25

Gysi (1981) doet schattingen voor f_s (volume fractie vaste stof) tussen 0.15 voor een veengrond met een hoog organische stofgehalte en 0,60 l/l voor een minerale grond op een diepte van 60 – 90 cm – mv. Er worden door Gysi (1981) geen schattingen gegeven van het volume vochtgehalte voor verschillende grondsoorten en verschillende monsterdiepten. Met deze methode werden door Gysi (1981) hoeveelheden gemeten en vergeleken met de voorheen gebruikte gewichtsmethode. Bij veengronden bleek een afwijking tussen de twee methoden te ontstaan, wat vermoedelijk kwam door de onnauwkeurige bepaling van de dichtheid, die door Gysi (1981) werd gebruikt bij de oude gewichtsmethode.

Later geeft Gysi et al. (1988) een praktische omrekening van de gehalten in het extract naar de hoeveelheden in kg N per ha per diepte-eenheid. Hieruit blijkt, dat de volgende regels worden gebruikt aangegeven in Tabel 2. De in de tabel genoemde factoren, moeten dan nog worden vermenigvuldigd met een factor 1,0 ; 0,9 en 0,8 bij grond met respectievelijk 0 – 10 ; 10 – 20 en > 20 % stenen. De monsternemer moet aangeven in welke klasse (mineraal, organisch, vochtklasse en stenen) het betreffende monster valt en dan kan de factor uit de tabel worden afgelezen. Bij monsters, waar gemonsterd werd over een diepte van 0- 60 cm moet voor de factor het gemiddelde worden genomen die hoort bij de laagdiepte 0 – 30 en 30 – 90 cm – mv.

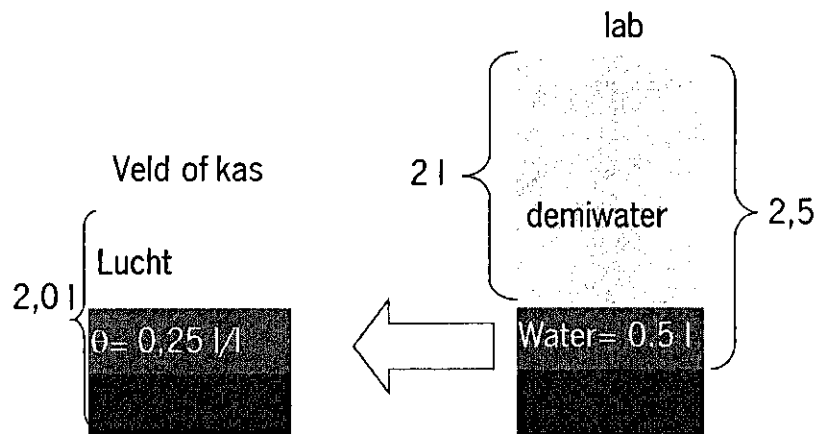
Het nadeel van de methode is, dat de volume fractie vaste delen moet worden gemeten. Dit kan alleen gebeuren uit de droge bulkdichtheid en de dichtheid van de vaste delen. De dichtheid van de vaste delen is lastig te bepalen. Er kan ook een berekening worden gedaan uit de massa fractie organische stof en als aanname, dat de rest van de vaste stof uit mineralen bestaat. Voor de dichtheid van de organische stof kan 1,4 kg/l en voor de dichtheid van de mineralen kan 2,6 kg per liter worden genomen.

Tabel 2. Volume extract per volume grond bij verschillende condities volgens Gysi et al. (1988).

Laagdiepte cm - mv	Vochtigheid	Volume extract per volume grond, l per l					
		Minerale gronden, humus < 10 %			'Organische' gronden, op basis van humusgehalte, in %		
		zwaar	middel	licht	10-20	20-30	>30
0-30	Zeer nat	2.06	1.96	1.70	2.10	2.15	2.10
0-30	Vochtig	1.92	1.70	1.42	1.57	1.74	1.70
0-30	Droog	1.65	1.42	1.16	1.29	1.34	1.29
30-90	Zeer nat	2.15	2.06	1.87	2.10	2.15	2.10
30-90	Vochtig	2.00	1.78	1.61	1.57	1.74	1.70
30-90	droog	1.74	1.52	1.34	1.29	1.34	1.29

4.2 Methode B: uit volume vochtgehalte, onderwaterdichtheid en massa watergehalte.

Uit onderwaterdichtheid en massa vochtgehalte wordt berekend hoeveel volume bodemwater er in 1 liter onderwater wordt afgepast. Samen met het volume vochtgehalte in veld/kas wordt het volume grond berekend, wat deze hoeveelheid bodemwater heeft gegeven. In figuur 15 wordt een voorbeeld gegeven.



Figuur 15. Voorbeeld methode B voor het berekenen van het volume extract per volume eenheid grond. Onderwaterdichtheid en massa vochtgehalte geven het volume bodemwater in het extract en samen met volume vochtgehalte in veld/kas kan volume grond worden berekend.

In Tabel 3 worden de berekeningen gegeven. Hierin staat het voorbeeld uit figuur 15 en ook de gevonden waarden uit de proeven met de drie grondsoorten (zie verder deel II van dit verslag).

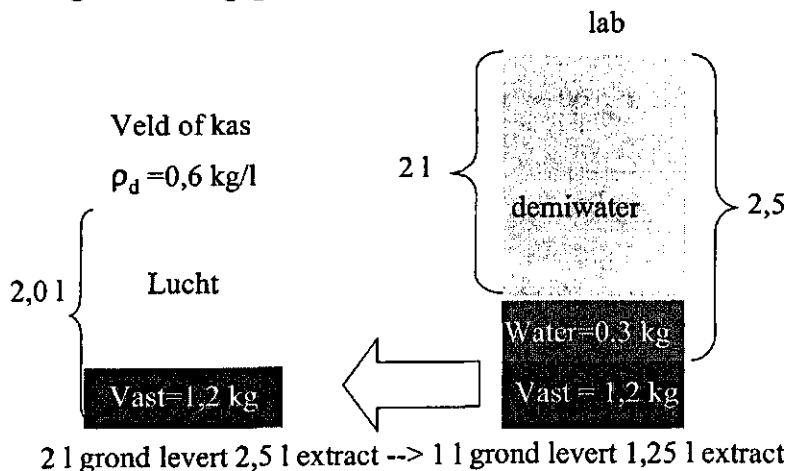
Tabel 3. Methode B. Berekening volume extract per volume grond; 2 l demiwater aanvullen tot 3 l

Grond	Bepalingen			Berekeningen			
	onderwater- dichtheid	vochtge- halte (w/w)	vochtge- halte (v/v)	Bodemw. in extr.	Vol. grond in bewerk.	Volume extract	Volume extr. per vol grond
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
	kg/l	g/g	l/l	l	l	l	l/l
Voorbeeld	2	0.25	0.25	0.5	2	2.5	1.25
klei	1.73	0.27	0.38	0.47	1.23	2.47	2.00
zand	2.14	0.16	0.16	0.35	2.16	2.35	1.09
veen	1.06	0.72	0.38	0.77	2.01	2.77	1.38

4.3 Methode C: uit droge bulkdichtheid, onderwaterdichtheid en massa watergehalte

Hiervoor is de volgende grootte nodig: de droge bulkdichtheid van de grond, weergegeven als:
 ρ_d = droge bulkdichtheid = massa van de vaste delen gedeeld door het volume grond in veld/kas, kg/l.

Het massa vochtgehalte, de onderwaterdichtheid en de droge bulkdichtheid in het veld/kas van de grond moeten worden gemeten. Daaruit kan worden berekend hoeveel massa grond er in bewerking is genomen en dit levert het volume grond waarmee dit overeenstemt in de kas/veld. In Figuur 16 wordt hetzelfde voorbeeld als uit figuur 15 weergegeven.



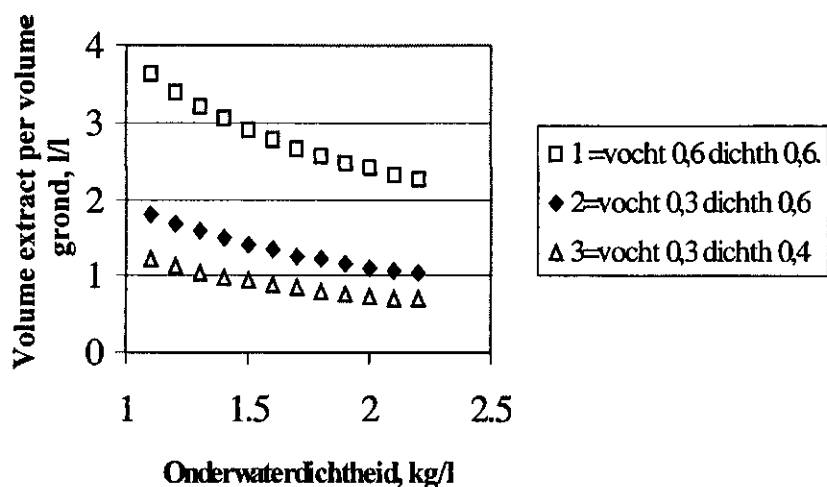
Figuur 16. Voorbeeld van berekening van volume extract per volume grond, uitgaande van de gegevens: onderwaterdichtheid, massa watergehalte en droge bulkdichtheid.

In Tabel 4 worden van het voorbeeld uit Figuur 13 en de klei- en zandgrond de volumina extract berekend.

Tabel 4. Methode C. Berekening van volume extract per volume grond uitgaande van 2 l demiwater aanvullen tot 3 l.

Grond	Bepalingen			Berekeningen				
	Onderwaterdichtheid	Vochtgehalte (w/w)	Droge bulkdichtheid	Massa vocht in extract	Bodemwater in extract	Volume grond in bewerking	Volume extract	Volume extract per volume grond
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
				(1) - ((1)*(2))	(1)*(2)	(4)/(3)	2+(5)	(7)/(6)
	kg/l	g/g	kg/l	kg	l	l	l	l/l
Voorbeeld	2.00	0.25	0.75	1.5	0.5	2.0	2.5	1.25
Klei	1.73	0.27	1.01	1.3	0.5	1.2	2.5	1.98
Zand	2.14	0.16	1.00	1.8	0.3	1.8	2.3	1.31
Veen	1.06	0.73	0.15	0.3	0.8	2.0	2.8	1.38

In Figuur 17 worden de invloed van onderwaterdichtheid, massa vochtgehalte en droge bulkdichtheid op het volume grond per volume extract weergegeven voor een paar condities. Bij een verlaging van het massa vochtgehalte daalt het volume extract per liter grond (bijvoorbeeld bij de verandering van lijn 1 naar lijn 2 in de figuur). Bij een daling van de droge bulkdichtheid (bijvoorbeeld door te gaan van lijn 2 naar lijn 3 in de figuur) daalt het volume extract per volume eenheid grond. In de praktijk zal bij een ander soort grond, zowel onderwaterdichtheid, massa vochtgehalte als droge bulkdichtheid veranderen. De grootheden hebben onderling een relatie met elkaar.



Figuur 17. Invloed van massa vochtgehalte (in g/g), droge bulkdichtheid (in kg/l) en onderwaterdichtheid (in kg/l) op het volume extract per volume grond.

4.4 Methode D: uit droge bulkdichtheid en watergetal van de slurry in 1:2 extract

Bij methode D wordt er uitgegaan van de bepaling van de massa extract per massa eenheid droge stof in het 1:2 extract:

W= watergetal van de 'slurry tijdens' het extract, kg extract per kg droge grond

- Voor de dichtheid van water kan 1 kg/l genomen worden en het volume extract per massa eenheid droge grond is dan bekend. De massa extract per massa eenheid droge grond wordt bepaald, maar zou ook kunnen worden berekend uit de onderwaterdichtheid en het watergehalte. Als dat laatste gebeurt is de methode D een variatie op methode C. Samen met de droge bulkdichtheid wordt het volume extract per volume eenheid grond berekend.

De voorbeelden staan in tabel 5. In deze gevallen zijn de onderwaterdichtheid en de massa vochtgehalten gebruikt om de massa water per massa droge stof te berekenen. Daarmee komen de volumina extract per volume grond uiteraard precies overeen met die van Tabel 4.

Tabel 5. Methode D. Bepaling uit droge bulkdichtheid en massa water per massa droge stof in extract.

Grond	Droge bulkdichtheid	Vol extract per massa droge grond	Volume extract per volume grond
	(1)	(2)	(3)
	(1)*(2)		
	kg/l	l/kg	l/l
Voorbeeld	0.75	1.67	1.25
Klei	1.01	1.96	1.98
Zand	1.00	1.31	1.31
veen	0.15	9.54	1.38

4.5 Methode E: schatting uit het humusgehalte

Voor kasteelt is de volgende gegevens gevonden (Sonneveld, 1990) en de waarnemingen in de huidige proeven met chrysanth met de drie grondsoorten:

Humusgehalte %	Volume extract per volume grond liter extract per liter grond
5	1,51
10	1,56
20	1,64
30	1,66

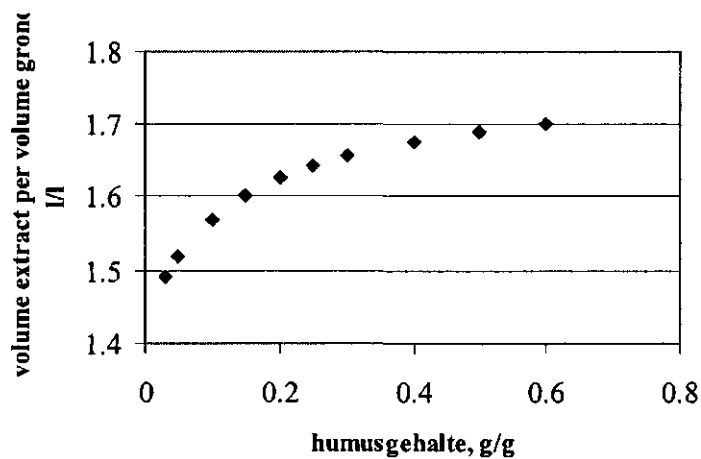
De algemeen door Sonneveld (1990) gevonden relatie was:

$$E = (8,25 * H + 0,99) / (4,67 * H + 0,69) , \text{ waarbij}$$

E = volume extract per volume eenheid grond, l/l

H = fractie humus, g/g

In Figuur 18 staat deze relatie weergegeven.



Figuur 18. Relatie tussen massa fractie humus en volume extract per volume grond.

De in de huidige proeven gevonden volumina extract per volume grond zijn wat betreft het humusgehalte niet overeenkomend met de eerder gevonden relatie. Zo zijn de humusgehalten en de met ringmonsters gevonden volumina extract per volume eenheid grond weergegeven in onderstaand staatje.

Grond in huidige proef met chrysanth	Gevonden humusgehalte	Gevonden volume extract per volume grond	Geschat volume extract op basis van formule met humusgehalte
	%	l/l	l/l
Zand	3,2	1,31	1,49
Klei	4,8	1,98	1,52
veen	81,0	1,38	1,77

Dit zou kunnen komen door de extreme verschillen in grondsoorten die in de huidige proeven zijn gebruikt.

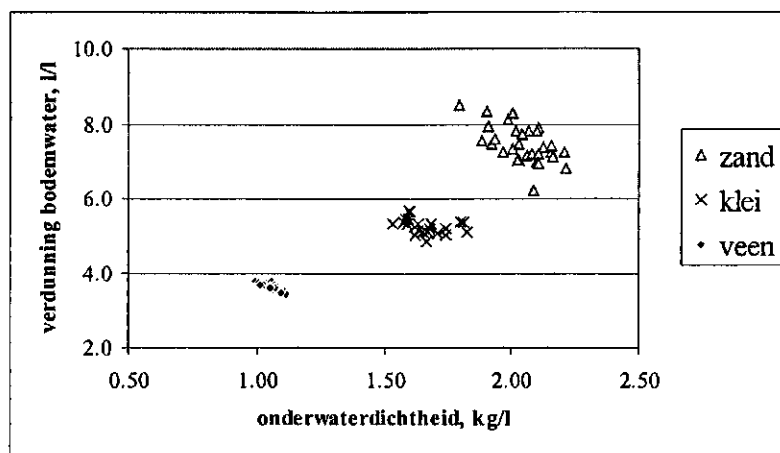
5 Waardering van de elementgehalten

In de Bemestingsadviesbasis wordt nu uitgegaan van de waardering van de elementen ten opzichte van N (Van den Bos et al, 1999; Breimer et al., 1988). Dit is destijds gekozen, omdat N een 'stabiel' element was en meestal in een hoge concentratie voorkomt in het 1:2 extract (Sonneveld, et al, 1984). Ook waren er versturende elementen in de EC zoals Na, Cl, Ca en SO_4 . Als voor deze elementen kan worden gecorrigeerd en dan zou daarmee een gecorrigeerde EC ontstaan en met deze EC zouden alle elementen vergeleken kunnen worden. Het systeem wordt daarmee onafhankelijk van het N-gehalte. Mochten lage N-gehalten voorkomen, dan is het ontstaan van rare verhoudingen niet meer aan de orde. Het systeem kan worden gemaakt overeenkomstig het aangepaste systeem voor de teelt in substraat. Het verschil met substraat is, dat er uit grond soms grote hoeveelheden Ca en SO_4 vrij kunnen komen, wanneer gips uit de bodem oplost. Voor chemische achtergronden van de samenstelling en reacties in het bodemwater zie: Soil Sci. Soc. Amer. Proc. (1971), vol 35:417-454

6 Discussie en aanbeveling

6.1 Verdunning bodemwater en EC en elementgehalten in bodemwater

De verdunning van het bodemwater kan worden geschat uit de onderwaterdichtheid. Uit de theoretische berekening van de verdunning is dit te halen en het werd ook bevestigd uit de waarnemingen in de proef met chrysanth met de grondsoorten klei, veen en zand (Figuur 19). Het is aan te bevelen om via een groter aantal monsters dan deze drie de relatie in kaart te brengen. Schatting van de verdunning uit het humusgehalte lijkt geen goede methode. De verdunning van het bodemwater kan aan de tuinder worden doorgegeven. Hiermee kan dan worden gezien of het monster een andere dan het standaard vochtgehalte heeft gehad.



Figuur 19. Relatie tussen onderwaterdichtheid en verdunning in de proef met chrysanth met de grondsoorten klei, veen en zand

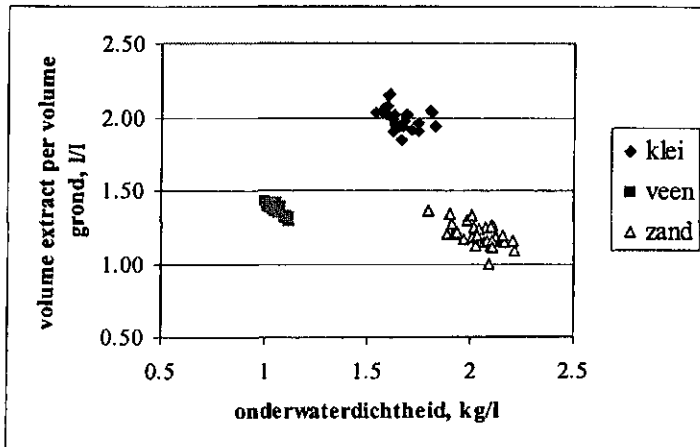
Met behulp van onderwaterdichtheid kan ook worden geschat wat de EC en de elementgehalten zijn in het bodemwater. Een extra aandacht verdient nog wel de monsters, die een hoog Ca en SO_4 gehalte hebben, omdat deze hoge gehalten ontstaan zijn door 'extra' oplossen van gips vanuit het betreffende monster. Deze monsters kunnen op een aparte manier 'behandeld' worden door een andere formule te gebruiken. In de berekening van de EC in het bodemwater vanuit de EC in het 1:2 extract is al rekening gehouden met het extra oplossen van gips. Dit zou nog eens gecontroleerd kunnen worden.

6.2 Schatten van een hoeveelheid

Om een schatting te maken van een hoeveelheid element, bijvoorbeeld van N-mineraal, per volume eenheid grond, moet altijd bekend zijn, hoeveel volume extract er vrij komt uit een volume grond. Het volume extract per volume eenheid grond kan worden bepaald op enkele manieren, genoemd methode A - E. Er is echter altijd een waarneming in het veld nodig van bijvoorbeeld volume vochtgehalte of droge bulkdichtheid. Dit blijft een lastig probleem, omdat een dergelijke waarneming in veld of kas, routinematig op grote kosten zal stuiten. Door de afrondingen bij de waarnemingen ontstaan er verschillen.

Voor een vuistregel/schatting van het volume extract per volume grond bleek het humusgehalte een bruikbare maat (Sonneveld, 1990). De genoemde relatie is echter alléén bepaald op basis van monsters uit

kassen. Het is ook de vraag wat de spreiding is door invloed van andere factoren. Zodoende lijkt het niet aantrekkelijk om het humusgehalte te gaan betrekken bij de berekening van de hoeveelheid extract. Er is (ook) geen hoop, dat een correlatie kan worden gevonden met de onderwaterdichtheid. Uit de cijfers, die bepaald zijn in de proef met drie grondsoorten met chrysant bleek dit namelijk niet mogelijk (Figuur 20).



Figuur 20. Verband tussen onderwaterdichtheid en volume extract per volume eenheid grond in de proef met chrysant met de grondsoorten klei, veen en zand. Bepaling/berekening volgens methode B.

Voor kasgronden wordt een standaard aangehouden van 1,6 liter extract per liter grond en voor de buitenteelt is dit 2,0 liter extract per liter grond. In het voorschrift voor teststrookjes van Merck wordt aangenomen, dat één volume deel grond 1,75 volume delen extract levert (Anoniem, z.j.). Ook Soorsma (1990) beveelt aan om voor de teststrookjes aan te nemen, dat 1 liter grond 1,75 liter extract levert.

Het zou goed zijn om voor kasgronden ook een hoeveelheid voor N-mineraal te gaan berekenen en dan voor het gemak, maar uit te gaan, dat de nu gebruikte vuistregel (1,6 liter extract per liter grond), gebruikt moet worden. In dat geval komt een N-gehalte in het 1:2 extract van 0,5 mmol/l overeen met een N-mineraal van 33,6 kg N per ha per 30 cm. Voor natte en dichte gronden, kan een volume extract per volume grond worden aangehouden, hoger dan de standaard van 1,6 (bijvoorbeeld van 1,8) en voor losse droge gronden van bijvoorbeeld 1,4 l/l.

Vellinga (1993) gaf aan, dat de 1:2 volume methode niet bruikbaar was voor het schatten van de hoeveelheid minerale stikstof. Het is niet duidelijk, waardoor de 'foute' waarden ontstonden. Het zou kunnen liggen aan de té droge grond, mineralisatie in het monster of een andere reden. Ook de variatie tussen grondsoorten wat betreft het volume extract per volume eenheid grond, zou een rol gespeeld kunnen hebben. Zodoende werd geadviseerd om de droge bulkdichtheid van de grond te bepalen. Dat zou betekenen, dat het voordeel van de 1:2 volume methode, dat is de snelheid, zou verdwijnen. Inmiddels wordt de 1:2 volume methode voor schatten van N-mineraal ook voor grasland gebruikt. Hier wordt de vuistregel toegepast, dat 1 liter grond in het veld 2,0 liter extract levert. Dit is een gemiddelde en zou per grondsoort moeten worden gekozen. Om een nauwkeuriger schatting te krijgen van N-mineraal moet de factor per grondsoort worden aangepast.

7 Samenvatting

In het 1:2 volume extract wordt het bodemwater verdund met een factor tussen 3,5 en 6,0. De verdunning op basis van de liters extract ten opzichte van de liters bodemwater is te bepalen uit het onderwaterdichtheid en vochtgehalte. De onderwaterdichtheid is het gewicht van de grond, wanneer deze onder water wordt gebracht; de eenheid is kg per liter. Het vochtgehalte is de massa water gedeeld door de totale massa, de eenheid is gram per gram.

De EC en de elementgehalten in het bodemwater kunnen worden berekend uit de verdunning en de elementgehalten in het 1:2 volume extract. Dit kan op basis van de simpele verhouding via de verdunning. Het gaat echter niet op als er uit de vaste delen van de grond elementen oplossen, die wel in het 1:2 extract voorkomen, maar niet in het bodemwater. Dit geldt vooral als er gips uit de grond in oplossing gaat in het 1:2 extract. Daarom moet daar voor worden gecorrigeerd. Via formules kan wel de EC in het bodemwater worden berekend, waar dan een invloed van opgelost gips wordt meegenomen.

Uit de gehalten in het 1:2 extract zijn ook zogenoemde hoeveelheden te berekenen. Deze hoeveelheden zijn vooral van belang voor stikstof en wordt N-mineraal genoemd. Bij de berekening is belangrijk hoeveel extract er vrijkomt uit één volumedeel grond. Voor een gemiddelde wordt voor kasgrond aangehouden dat 1 liter kasgrond een hoeveelheid extract levert van 1,6 liter. Voor een luchtige grond is het lager en voor een vaste grond is het hoger dan 1,6 liter extract per liter grond. Uitgaande van de factor 1,6 komt 1 mmol/l aan N in het 1:2 volume extract overeen met 67 kg N per ha per 30 cm diepte. Er is geen eenvoudige, snelle methode om na te gaan hoeveel extract er uit 1 liter grond komt. Voor routinematige bepalingen, zal het moeten blijven bij een schatting.

8 Literatuur

- Anoniem, z.j. Voorschrift: Nitraat-bepaling in grond met nitraat-snelteststrookjes. Merck.
- Breimer, T., Sonneveld, C. and Spaans, L., 1988. A computerized programme for fertigation of glasshouse crops. *Acta Hortic.* 222:43-50
- De Graaf, R. en Van den Bos, A.L., 1987. Verspreiding van (voedings)zouten en vocht bij het gebruik van druppelbevloeiing op de grond. Intern verslag nr 17. PTG, Naaldwijk
- Guiking, W., 1997. Bemesting van kasgrond kan veel nauwkeuriger. Aandacht voor structuur, organische stof en correcte EC-meting. *Oogst/Tuinbouw* 10 (47): 38-39
- Gysi, Ch. 1981. A simple procedure to express results of soil analysis (1:2 volume extract) on a volume basis. *Plant and Soil* 63:523-526.
- Gysi, Ch., Künsch, U., Matthäus, K., Matthäus, D., Wixinger, K und Schärer, H. , 1988. Stikstoffdüngung nach Schnellmethoden im Gartenbau. Flugschrift 118. Mitt. der Eidg. Forschungsanstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau, Wädenswil, Zwitserland.
- Gysi, Ch., Ryser, J-P and Heller, W., 1997. Bodenuntersuchung im Gemüsebau. Flugschrift FAW Nr. 112, zweite Auflage. Zwitserland.
- Gysi, Ch., Ryser, J. P., Matthäus, D., Koch, W., Wigger, A. und Berner, A., 1999. Fumure/Düngung. In: Handbuch Gemüse/Manuel des légumes. Zwitserland
- Hartz, T.K., Bendixen, W.E. and Wierdsma, L., 2000. The value of presidedress soil nitrate testing as a nitrogen management tool in irrigated vegetable production. *HortScience* 35(4):651-656
- Sonneveld, C. and Van den Ende, J., 1971. Soil analysis by means of a 1:2 volume extract. *Plant and Soil* 35:505-516
- Sonneveld, C., Spaans, L., Van den Bos, A.L. en Van der Wees, A., 1984. Automatisering van het bemestingsadvies voor het bijmesten van komkommers op basis van grondanalysecijfers. Intern verslag 9. PTOG, Naaldwijk.
- Sonneveld, C. 1990. Estimating quantities of water – soluble nutrients in soils using a specific 1:2 by volume extract. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 21 (13-16) : 1257-1265.
- Sonneveld, C., Van den Ende, J. and De Bes, S.S., 1990. Estimating the chemical compositions of soil solutions by obtaining saturation extracts or specific 1:2 by volume extracts. *Plant and Soil* 122:169-175
- Soorsma, H.E., 1990. Handleiding nitraat sneltest voor grondonderzoek. Voorlopige uitgave. IKC -AGV, Lelystad.
- Van Dijk, W. (Ed.) , 2003. Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouw- en vollegrondsgroentegewassen. Publicatienr. 307, PPO-AGV, Lelystad
- Van den Bos, A.L., de Kreij, C. en Voogt, W., 1999. Bemestingsadviesbasis grond. PPO-Glas, Naaldwijk en Aalsmeer.
- Vellinga, Th.V., 1993. Bepalingsmethode minerale stikstof in de grond. Proefstation voor de Rundveehouderij, Intern Rapport 247
- Voogt, W., Van den Bos, A.L. en Van der Lugt, G.G. 1999. Bemestingsadviesering via EC-bodemvocht. Intern verslag 203, PBG, Naaldwijk.
- Wijnen, G., 1986. Een nieuwe werkwijze bij het N-mineraalonderzoek: bepaling per volumedeel grond in plaats van bepaling op gewichtsbasis. *Ad Fundum* 2:16-26, IB-overdruk 1199.